Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 205-220 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.78306

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۰
صفحهٔ ۲۲۰-۲۰۵، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی تحمل به شوری ۱۴۰ ژنوتیپ نخود دسی (*Cicer arietinum*)

جعفر نباتی[1*]، محمد کافی[2]، احمد نظامی[3] و الهه برومند رضازاده[4]

۱- دکتری زراعت گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، استادیار پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دکتری زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، استاد دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛
m.kafi@um.ac.ir
۳- دکتری زراعت، گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی، استاد دانشکده کشاورزی و پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد؛
nezami@um.ac.ir
۴- دکتری زراعت، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ eboroumand22@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴

چکیده

این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار جهت بررسی تحمل بـه شـوری ۱۴۰ ژنوتیـپ نخـود دسـی در تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم در شرایط هیدروپونیک در سال ۱۳۹۵ در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسـی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد که ۲۱ ژنوتیپ دارای بقـای بـالاتر از ۷۶ درصـد بـود کـه در ایـن میـان شـش ژنوتیـپ MCC18، MCC22، MCC29، MCC59، MCC136 و MCC430 دارای بقای ۱۰۰ درصد بودند. در دامنه‌های بقـای ۱۰۰-۷۶، ۷۵-۵۱، ۵۰-۲۶ و ۲۵-۰ درصد، به ترتیب ۴۳، ۵۷، ۴۲ و ۱۶ درصـد از ژنوتیـپ‌هـا در مراحـل رشـدی بعـد از گلدهی قرار داشتند. با افزایش درصد بقاء، ارتفاع بوته افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌هـای موجـود در دامنـه بقـای ۱۰۰-۷۶ درصـد نسـبت بـه ژنوتیـپ‌هـای موجـود در دامنـه بقـای ۷۵-۵۱، ۵۰-۲۶ و ۲۵-۰ درصـد بـه ترتیـب ۴، ۵ و ۱۲سانتی‌متر ارتفاع بوته بیشتری داشتند. در دامنه بقـای ۲۵-۰ درصـد، تعـداد شـاخه فرعـی کمتـری نسـبت بـه سـایر دامنه‌های بقاء مشاهده شد. در دامنه بقای ۱۰۰-۷۶ و ۷۵-۵۱ درصد، درصد برگ‌های ریزش‌کرده و بـرگ‌هـای باقیمانـده مشابه بود. بیشترین درصد برگ باقیمانده (۷۳درصد) در ژنوتیپ MCC177 با بقـای گیاهچـه ۷۵ درصـد مشـاهده شـد. متوسط شاخص پایداری غشاء در دامنه‌های مختلف بقاء با افزایش درصد بقـاء پایـداری غشـاء افـزایش یافـت. بیشـترین شاخص پایداری غشاء مربوط به ژنوتیپ‌های MCC34 و MCC179 به ترتیب با بقای ۵۳ و ۸۵ درصـد و پایـداری غشـاء ۵۲ و ۵۱ درصد بود. با افزایش درصد بقاء، مقدار سدیم کاهش و مقدار پتاسیم افزایش یافت. میزان ماده خشک با افزایش بقاء از ۲۵-۰ درصد به ۵۰-۲۶، ۷۵-۵۱ و ۱۰۰-۷۶ درصد به ترتیب ۱۶، ۲۴ و ۳۸ درصـد افـزایش یافـت. شـش ژنوتیـپ MCC4، MCC43، MCC22، MCC49، MCC59 و MCC85 بیشترین وزن اندام هوایی را در میـان ژنوتیـپ‌هـا دارا بودند. به‌طورکلی امکان استفاده از ژنوتیپ‌های دارای مکانیسم‌های تحمل به شوری جهت اصـلاح بـرای تـنش شـوری و همچنین به‌گزینی ژنوتیپ‌های نخود دسی برای شرایط تنش شوری ملایم وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بقاء، پتاسیم، سدیم، غشاء، هیدروپونیک

مقدمه

شرایط نامطلوب محیطی نظیر تنش‌های غیرزیستی، تولید گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار داده و در این میان تـنش شـوری از مهم‌ترین عواملی است که سبب کاهش عملکـرد محصـول در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود (Doraki *et al*., 2018; Chenarani *et al*., 2015; Zare Mehrjerdi *et al*., 2011). برآوردها نشان می‌دهـد کـه حـدود ۲۰ درصـد از کـل سطح زیرکشت و ۳۳ درصد از اراضـی فاریـاب، از شـوری زیـاد آسیب دیده‌اند. همچنین هرساله به دلایل مختلفی مانند کمبود بارندگی، تبخیر زیاد، آبیاری با آب شور و غیره، حدود ۱۰درصد به وسعت اراضی شور افزوده می‌شود. تخمین زده شده است که تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰ درصد از اراضی زراعی شـور خواهنـد شد (Jamil *et al*., 2011).

نخود (*Cicer arietinum* L.) با دارابودن ۱۰/۱ میلیـون تن تولید سالانه در دنیا رتبه سوم را در بین حبوبـات بـه خـود اختصـاص داده اسـت (Muehlbauer & Sarker, 2017). در ایران نخود جایگاه نخست را در بین حبوبات داراسـت (FAO, 2016). ایـن گیـاه نسـبتاً بـه خشـکی مقـاوم بـوده و بـیش از ۹۰درصد کشت نخود به‌صورت دیم انجام می‌شـود (Flowers *et al*., 2010). علاوه بر آن بـه دلیـل داشـتن توانـایی تثبیـت

* **نویسنده مسئول**: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

زیستی نیتروژن، بهبود حاصلخیزی خاک و برهم‌زدن چرخه آفات و بیماری‌های غلات در نظام‌های زراعی مناطق خشک و کم‌باران، از اهمیت زیادی برخوردار بوده (Zawude & Shanko, 2017; Siddique *et al*., 2011) و کشت آن در مناطق حاشیه‌ای دیم که خاک تحت تأثیر شوری قرار دارد، ازنظر حفظ پایداری تولید دارای اهمیت است. اما به‌طورکلی بقولات و از جمله نخود از تحمل به شوری کمی برخوردار بوده (Ashraf & Waheed, 1993) و در شرایط شوری، عملکرد و کیفیت نخود کاهش می‌یابد (Asha Dhingra, 2007). لذا شناسایی و معرفی ارقام متحمل به شوری نخود می‌تواند سطح زیرکشت این گیاه و همچنین مقدار تولید آن را در مناطقی که خاک‌های آن دارای شوری متوسط هستند افزایش دهد.

غلظت‌های بالای نمک در خاک، پتانسیل اسمزی خاک را کاهش داده و از این طریق سبب کاهش قابلیت دسترسی آب و عناصر غذایی برای گیاه می‌شود (Tester & Davenport, 2003) که به نوبه خود کاهش رشد سلولی و ساخت دیواره‌های سلولی، هدایت روزنه‌ای، سنتز پروتئین و فعالیت فتوسنتزی گیاه را به دنبال دارد (Mahlooji *et al*., 2018; Zawude & Shanko, 2017). همچنین نمک جذب‌شده توسط گیاه سبب بروز تنش یونی و ایجاد کلروز و نکروز و از بین رفتن برگ‌ها (Pouresmael *et al*., 2014; Munns, 2005; Welfare *et al*., 2002) می‌گردد. اعمال تنش شوری بر دو تیپ کابلی و دسی نخود سبب کاهش محتوی نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، مقدار کلروفیل برگ، زیست‌توده گیاه و عملکرد دانه و در مقابل، افزایش قندهای محلول در هر دو رقم و در دو مرحله (۴۰ و ۷۰ روز پس از کاشت) گردید و میزان این کاهش در تیپ نخود دسی بیش از کابلی بود. همچنین تجمع یون سدیم در ریشه و نیز اندام‌های هوایی در تیپ نخود دسی بالاتر بود که تأثیر منفی بر نسبت پتاسیم به سدیم داشت (Garg & Singla, 2009). در آزمایشی (Zawude & Shanko, 2017) طول ریشه و اندام‌های هوایی و زیست‌توده کل در گیاه نخود، در نتیجه اعمال تنش شوری کاهش یافت که به عقیده ایشان ناشی از کاهش فعالیت کیناز وابسته به سیکلین و متعاقب آن کاهش تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلول‌ها و در نتیجه کاهش رشد رویشی و تجمع ماده خشک بوده است.

بررسی ۴۹ ژنوتیپ و دو رقم نخود در طی ۴۰ روز اعمال تنش شوری (۱/۵، ۴/۵ و ۶/۵ دسی زیمنس بر متر) نشان داد که با افزایش مدت زمان تنش، برگ‌ها دچار کلروز و نکروز شده و سپس برگ‌های پائینی ریزش یافتند. همچنین در تیمار ۶/۵دسی زیمنس بر متر، تنها تعداد محدودی از بوته‌ها تا پایان ۴۰ روز، بقاء خود را حفظ کرده و بقیه از بین رفتند (Pouresmael *et al*., 2014).

Khan *et al*, (2015) تأثیر دو سطح شوری ۳۰ و ۶۰میلی‌مولار کلرید سدیم را بر رشد رویشی و زایشی سه ژنوتیپ نخود (متحمل، نسبتاً متحمل و حساس به شوری) بررسی و مشاهده کردند که در سطح بالای تنش، تمامی ژنوتیپ‌ها قبل از مرحله رسیدگی از بین رفتند. همچنین وزن خشک اندام‌های هوایی با غلظت سدیم و کلر در این اندام‌ها همبستگی منفی نشان داد. این پژوهشگران اظهار داشتند از آنجا که غلظت عناصر سدیم و کلر در برگ‌های سبز، ساقه و ریشه ژنوتیپ حساس کمتر یا برابر با ژنوتیپ متحمل بود، پدیده دفع یونی نتوانست تغییرات تحمل به شوری را بین سه ژنوتیپ مورد بررسی توجیه نماید. کاهش وزن خشک، ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد گره در ریشه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه گیاه و افزایش غلظت سدیم برگ، ساقه و ریشه نخود در شرایط شوری در آزمایش دیگر پژوهشگران نیز مشاهده شده است (Doraki *et al*., 2018; Welfare *et al*., 2002).

Khan *et al*, (2017) در طی آزمایش خود مشاهده کردند که تزریق ساکاروز به درون ساقه بوته‌های تحت تنش یک رقم حساس به شوری نخود، سبب افزایش رشد رویشی و بهبود نسبی رشد زایشی گردید. لذا ایشان کاهش رشد رویشی و متعاقب آن رشد زایشی و کاهش عملکرد نخود را در شرایط شوری، به محدودیت فراهمی اسیمیلات‌ها نسبت دادند.

به طور کلی نخود دارای دو تیپ دسی و کابلی است. تیپ دسی دارای بذور کوچک با رنگ تیره‌تر و پوشش سفت و خشنی است و عموماً در شبه قاره هند، اتیوپی، مکزیک و ایران کشت می‌گردد. تیپ دسی در مقایسه با کابلی میزان فیبر بالاتری را دارا است. تیپ دسی در ایران در نواحی شمالی غربی، در پخت برخی غذاها مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما استفاده عمده آن به صورت محصول لپه شده می‌باشد (Razavi *et al*., 2010).

با توجه به اهمیت نخود و جایگاه آن در تغذیه مردم و همچنین لزوم کشت آن در مناطق حاشیه‌ای و با حاصلخیزی کمتر جهت حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک و پایداری تولید در این مناطق و نیز این‌که ارقام مناسب جهت کشت در مناطق مختلف بررسی و گزینش نشده است، انجام مطالعات گسترده در خصوص گزینش ارقام و گروه‌بندی ارقام موجود براساس میزان حساسیت و تحمل به تنش ضروری است. لذا در این آزمایش۱۴۰ژنوتیپ نخود تیپ دسی موجود در بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد از نظر تحمل به شوری مورد ارزیابی و گزینش قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در شرایط هیدروپونیک (آب‌کشت) در گلخانه تحقیقاتی پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تعداد ۱۴۰ ژنوتیپ نخود تیپ دسی با استفاده از طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در تنش شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کلرید سدیم (NaCl) مورد بررسی قرار گرفت. بذر ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده از بانک بذر حبوبات پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شد.

ابتدا بذرها در پتری، جوانه‌دار و سپس به محیط هیدروپونیک در گلخانه با متوسط دمای ۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۶۰ درصد منتقل شدند. یک هفته پس از انتقال گیاهچه‌ها به محیط هیدروپونیک، تنش شوری اعمال شد. بستر مورد استفاده در این مطالعه ماسه بود و تغذیه با استفاده از محلول غذایی هوگلند (Hoagland & Arnon, 1950) صورت گرفت. سیستم تغذیه به‌صورت بسته اعمال شد. محلول غذایی به‌صورت هفتگی جایگزین و میزان شوری محلول غذایی به صورت روزانه پایش و تنظیم گردید، اما هیچ‌گونه تنظیم اسیدیته در محلول غذایی صورت نگرفت. با توجه به این‌که محلول هوگلند به‌واسطه دارابودن عناصر غذایی دو دسی زیمنس بر متر هدایت الکتریکی ایجاد می‌کند، مجموع هدایت الکتریکی آب آبیاری ۱۴ دسی زیمنس بر متر بود.

چهار هفته پس از اعمال تنش شوری، مرحله رشدی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، درصد بقاء بوته، درصد برگ باقی‌مانده و ریزش‌کرده، شاخص پایداری غشاء (MSI) و مقدار سدیم و پتاسیم اندام هوایی ثبت و اندازه‌گیری شد.

مراحل رشدی به پنج مرحله شامل: مرحله قبل از گلدهی (۱)، مرحله شروع گلدهی (۲)، مرحله گلدهی (۳)، مرحله شروع غلاف‌دهی (۴) و مرحله غلاف‌دهی (۵) تقسیم‌بندی گردید.

برای محاسبه درصد بقاء قبل از اعمال تنش شوری، تعداد بوته‌های سبزشده ثبت گردید و قبل از برداشت نیز تعداد بوته‌های زنده ثبت و درصد بقاء بر اساس معادله (۱) محاسبه گردید.

معادله (۱):

۱۰۰ × (تعداد بوته قبل از تنش/تعداد بوته چهار هفته بعد از تنش) =درصد بقاء

بر اساس درصد بقاء ژنوتیپ‌های مختلف به چهار گروه ۷۶-۱۰۰، ۵۱-۷۵، ۵۰- ۲۶ و ۲۵-۰ درصد بقاء طبقه‌بندی شدند. در هر ژنوتیپ تعداد برگ باقی‌مانده و ریزش‌کرده در سه بوته شمارش و درصد برگ باقی‌مانده و ریزش‌کرده محاسبه شد. برای اندازه‌گیری میزان شاخص پایداری غشاء، از جوان‌ترین برگ کاملاً توسعه‌یافته، استفاده و برگ‌ها داخل ویال‌های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیرشده قرار داده شد. سپس ویال‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرارگرفته و در مرحله بعد میزان نشت الکترولیت‌ها با استفاده از دستگاه رسانایی سنج الکتریکی (مدل Jenway) اندازه‌گیری و به‌عنوان EC_1 ثبت شد. به‌منظور تعیین میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ سلول، ویال‌ها به اتوکلاو با دمای ۱۱۰درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر منتقل شده و به مدت ۲۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرارگرفته و مجدداً هدایت الکتریکی آن‌ها تحت عنوان EC_2 اندازه‌گیری و ثبت شد. در ادامه شاخص پایداری غشاء با استفاده از معادله (۲) محاسبه شد.

معادله (۲):

$\{1-(EC_1/EC_2)\} \times$ ۱۰۰ =شاخص پایدار غشاء

میزان سدیم و پتاسیم اندام هوایی با استفاده از ۲۵۰میلی‌گرم نمونه خشک آسیاب‌شده که به مدت ۲۴ ساعت در اسید نیتریک غلیظ هضم و یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفته بود، با دستگاه فلیم‌فتومتر (UK-Jenway) و محلول‌های استاندارد سدیم و پتاسیم تعیین شد (Tandon, 1995).

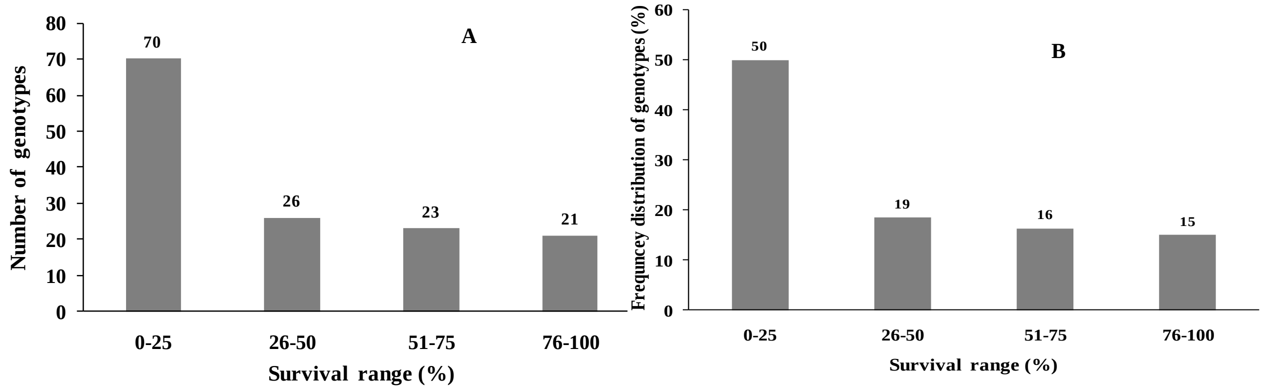
تجزیه و تحلیل آماری داده‌های صفات توسط نرم‌افزار Minitab17 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی درصد بقاء در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین آن‌ها بود (جدول‌های ۱، ۲، ۳ و ۴). در میان ۱۴۰ ژنوتیپ مورد بررسی، ۲۱ ژنوتیپ دارای بقای بالاتر از ۷۶ درصد بودند (شکل ۱-الف) که ۱۵ درصد از کل ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شدند (شکل ۱-ب) و در این میان شش ژنوتیپ دارای بقای ۱۰۰ درصد بودند (جدول ۱). از طرف دیگر از کل ژنوتیپ‌ها، ۷۰ ژنوتیپ بقای بین ۲۵-۰ درصد نشان دادند (شکل ۱-الف) که ۵۰ درصد از ژنوتیپ‌ها را شامل می‌شدند (شکل ۱-ب) و در این میان ۴۳ ژنوتیپ کاملاً از بین رفته و هیچ بقای نداشتند (جدول ۴).

در ابتدا به این نکته باید اشاره کرد که به‌طورکلی حبوبات و از جمله نخود گیاهانی حساس به تنش شوری هستند (Zawude & Shanko, 2017)؛ بنابراین نباید انتظار تحمل به

شوری بالایی در این گیاهان داشت. با این وجود مشاهده تعدادی از ژنوتیپ‌ها در دامنه‌های مختلف بقاء تحت تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم در شرایط هیدروپونیک می‌تواند در به‌گزینی این گیاه برای مناطقی با شوری متوسط امیدبخش باشد. به‌طور معمول در گیاهانی که توانایی جلوگیری از ورود نمک به داخل خود را ندارند، حدود چهار هفته پس از قرارگیری در شرایط شور اثرات سمیت یونی در آن‌ها مشاهده می‌گردد (Munns & Tester, 2008). در این مطالعه ۲۱ژنوتیپ در دامنه بقای بین ۷۶-۱۰۰ درصد قرار گرفتند که خود حاکی از تنوع بالا در مدیریت نمک در ژنوتیپ‌های مختلف نخود تیپ دسی است (شکل ۱-الف).



شکل ۱- تعداد (الف) و درصد فراوانی نسبی (ب) ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم

Fig. 1. Number (A) and frequency distribution of chickpea genotypes (B) in different survival ranges, four weeks after imposing 12dSm^{-1} NaCl salinity stress

در ژنوتیپ‌های مختلف نخود تیپ دسی ازنظر مراحل رشدی تفاوت معنی‌داری در شرایط تنش شوری ۱۲dSm^{-1} مشاهده شد (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی درصد فراوانی مراحل رشدی در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که در دامنه‌های بقای ۷۶-۱۰۰، ۷۵-۵۱، ۲۶-۵۰ و ۰-۲۵ درصد به ترتیب ۴۳، ۵۷، ۴۲ و ۱۶ درصد از ژنوتیپ‌ها در مراحل رشدی بعد از گلدهی قرار داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). همچنین همبستگی بین درصد بقاء و مراحل رشدی مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۲۷**) بود (جدول ۵). با این وجود در میان شش ژنوتیپ که بقای ۱۰۰ درصدی در تنش شوری ۱۲dSm^{-1} داشتند، تنها یک ژنوتیپ (MCC29) در مرحله رشدی پیشرفته‌تری قرار داشت و سایر ژنوتیپ‌ها در مرحله قبل از گلدهی بودند (جدول ۱). کاهش طول دوره رشد و کاهش طول مراحل نموی در شرایط تنش‌های محیطی از جمله خشکی و شوری یکی از راه‌کارهای مقابله با این گونه تنش‌ها محسوب می‌گردد (Sakuraba *et al.*, 2014). در شرایط تنش شوری کاهش طول دوره رشدی با کاهش تجمع املاح سمی از جمله سدیم و کلر در انساج گیاه همراه است (Sakuraba *et al.*, 2014). بنابراین در صورتی که یک ژنوتیپ بتواند در شرایط تنش شوری با خسارت حداقلی و تولید مناسب دوره رشدی را به اتمام رساند، می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مناسب برای این شرایط مد نظر قرار گیرد. در این مطالعه تنوع قابل‌توجهی ازنظر مراحل رشدی در دامنه‌های مختلف بقاء و بخصوص در دامنه بقای بین ۷۶-۱۰۰ درصد بین ژنوتیپ‌های نخود دسی مشاهده شد (جدول ۱).

ارتفاع بوته ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی چهار هفته پس از اعمال تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). روند تغییرات متوسط ارتفاع بوته در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که با افزایش درصد بقاء ارتفاع بوته نیز افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های موجود در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ درصد نسبت به ژنوتیپ‌های موجود در دامنه بقای ۵۶-۷۵، ۲۶-۵۰ و ۰-۲۵ درصد به ترتیب ۴، ۵ و ۱۲ سانتی‌متر ارتفاع بوته بیشتری نشان دادند (شکل ۲-الف). همچنین بیشترین ارتفاع بوته در ژنوتیپ MCC59 که دارای بقای ۱۰۰ درصد بود مشاهده شد (جدول ۱). افزایش درصد بقاء در شرایط تنش شوری به مفهوم تحمل بیشتر و افزایش طول دوره زنده‌مانی خواهد بود. همبستگی بین درصد بقاء و ارتفاع بوته (r^2=۰/۵۹**) و ارتفاع بوته و مراحل رشدی (r^2=۰/۲۶**) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵)؛ بنابراین افزایش ارتفاع بوته در دامنه‌های بقای بالاتر در نتیجه مدیریت املاح سمی در شرایط تنش شوری خواهد بود.

جدول ۱- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی در دامنه بقای ۱۰۰ تا ۷۶ درصد

Table 1. Effect of sodium chloride salt stress ($12dSm^{-1}$) on studied traits in different chickpea genotypes in the survival range of 100-76%

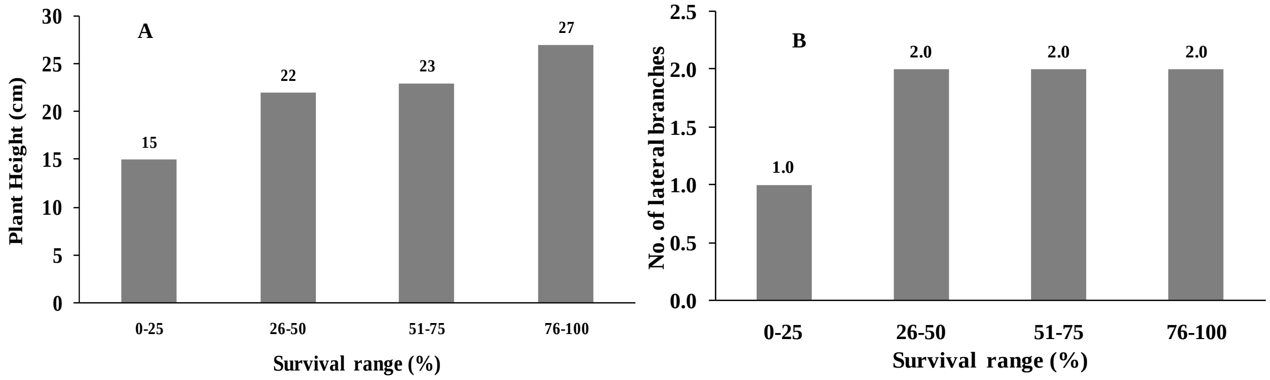
ژنوتیپ MCC	درصد بقاء Survival درصد (%)	مرحله رشدی Growth stage	ارتفاع بوته Plant height سانتی‌متر (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	برگ باقی مانده Remained leaves درصد (%)	برگ ریزش‌کرده Shed leaves درصد (%)	شاخص پایداری غشاء MSI درصد (%)	غلظت سدیم Na میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	غلظت پتاسیم K میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	ماده خشک Dry weight میلی‌گرم بوته ($mg.plant^{-1}$)
18	100	1	37	4	47	53	42	20	58	0.35	559
22	100	1	38	3	16	84	31	16	52	0.31	956
29	100	5	44	3	37	63	10	19	45	0.43	783
59	100	1	48	2	56	44	44	25	65	0.38	873
136	100	1	19	3	60	40	16	22	37	0.61	421
430	100	1	14	2	61	40	37	9	35	0.26	247
643	92	1	14	1	50	50	10	44	33	1.32	243
539	86	3	24	1	46	54	16	39	28	1.40	339
658	86	1	15	1	54	46	24	55	31	1.79	317
16	85	2	31	3	47	53	38	17	50	0.34	600
20	85	1	35	3	28	72	44	22	55	0.41	802
179	85	3	16	2	58	42	51	33	31	1.07	380
868	85	3	27	3	27	73	35	8	38	0.21	439
122	82	1	24	3	56	44	24	6	36	0.16	609
32	80	1	33	3	29	71	24	22	46	0.48	582
216	80	1	18	2	59	41	8	28	40	0.71	544
309	80	3	26	2	63	37	12	31	31	1.03	436
100	79	3	21	2	39	61	6	45	33	1.38	491
870	79	1	20	3	33	67	13	9	35	0.25	367
43	76	4	44	3	43	57	30	17	46	0.36	1058
606	76	3	21	1	54	46	10	44	31	1.43	535
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلاف‌دهی، ۵: غلاف‌دهی. RWC: محتوای نسبی آب برگ، MSI: شاخص پایداری غشاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation

به‌طور کلی مطالعات نشان داده است که تنش شوری سبب کاهش بیشتر رشد ساقه محصولات زراعی در مقایسه با رشد ریشه می‌شود (Shalhevet *et al*., 1995). همچنین تفاوت در ارتفاع گیاه ارقام برنج (*Oryza sativa*) با سطوح مختلف شوری گزارش شده است (Islam *et al*., 2007). گزارش‌های دیگری در ارتباط با کاهش ارتفاع بوته در اثر تنش شوری در لوبیای چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و خردل (*Brassica campestris* L.) نیز وجود دارد (Dantas *et al*., 2005).

تعداد شاخه فرعی در بوته در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی تحت تأثیر تنش شوری تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی متوسط تعداد شاخه فرعی در بوته در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که تنها در دامنه بقای ۰-۲۵ درصد تعداد شاخه کمتر از سایر دامنه‌های بقاء بود (شکل ۲-ب). همبستگی بین تعداد شاخه با درصد بقاء (r^2=۰/۵۹**) و ارتفاع بوته (r^2=۰/۶۱**) مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵).



شکل ۲- متوسط ارتفاع بوته (الف) و تعداد شاخه فرعی (ب) در ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $۱۲dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Fig. 2. Plant height (A) and number of lateral branches (B) in chickpea genotypes in different survival range, four weeks after imposing $12dSm^{-1}$ NaCl salinity

جدول ۲- اثر تنش شوری $۱۲dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود تیپ دسی در دامنه بقای ۷۵ تا ۵۱ درصد

Table 2. Effect of sodium chloride salt stress ($12dSm^{-1}$) on studied traits in different chickpea genotypes in survival range of 75-51%

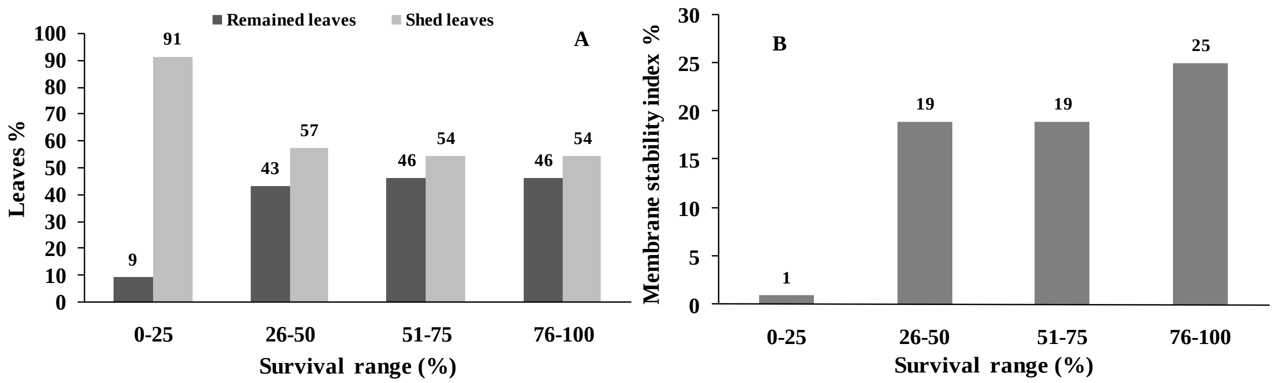
ژنوتیپ MCC	درصد بقاء Survival درصد (%)	مرحله رشدی Growth stage	ارتفاع بوته Height Plant سانتی متر (cm)	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branches	برگ باقی مانده Remained leaves درصد (%)	برگ ریزش‌کرده Shed leaves درصد (%)	شاخص پایداری غشاء MSI درصد (%)	غلظت سدیم Na میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	غلظت پتاسیم K میلی‌گرم در گرم ماده خشک ($mg.g^{-1}dw$)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	ماده خشک Dry weight میلی‌گرم بوته ($mg.plant^{-1}$)
49	75	1	42	4	34	66	48	22	53	0.42	890
177	75	3	22	3	73	27	9	33	31	1.06	467
256	75	1	17	1	22	78	8	44	39	1.20	247
325	74	5	19	2	44	56	2	33	31	1.05	519
121	73	1	22	2	63	37	22	4	27	0.16	271
884	72	1	16	2	29	71	21	12	30	0.41	158
10	71	1	36	4	44	56	35	25	55	0.45	629
873	68	1	20	3	33	67	21	10	31	0.35	301
4	67	4	33	3	56	44	33	18	47	0.38	1068
867	65	3	30	1	27	73	2	11	34	0.34	380
88	64	1	30	3	31	69	7	11	36	0.29	569
104	63	1	22	2	46	54	17	10	34	0.30	294
310	61	3	19	2	61	39	8	36	30	1.22	410
96	60	1	25	3	31	69	14	12	37	0.33	477
364	60	3	17	2	70	30	19	23	23	1.27	321
187	59	3	21	3	36	64	12	35	36	0.98	409
623	59	3	23	2	60	40	9	39	32	1.22	332
891	57	2	18	2	30	70	33	9	28	0.31	224
155	56	3	29	2	75	25	31	27	34	0.83	513
34	53	1	35	3	34	66	52	26	57	0.45	436
151	53	2	23	2	46	54	9	33	35	0.92	488
259	53	3	18	2	63	37	28	39	119	0.77	387
371	53	3	20	3	51	49	4	35	42	0.84	444
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلاف دهی، ۵: غلاف دهی. RWC: محتوای نسبی آب بـرگ، MSI: شـاخص پایـداری غشـاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation.

به نظر می‌رسد در دامنه بقای ۰-۲۵ درصد به دلیل کاهش رشد و ازبین‌رفتن بوته‌ها در اثر تنش شوری بوته‌ها فرصت تولید شاخه بیشتری نداشتند. تعداد شاخه در بوته در گیاهانی مانند نخود که دارای ساختار منشعب هستند، به عنوان یکی از معیارهای مهم در تعیین عملکرد محسوب می‌گردد. در واقع شاخه در حبوبات نقش پنجه در غلات را دارد. مطالعات نشان داده است تنش شوری موجب کاهش تعداد پنجه و همچنین پنجه‌های بارور در برنج (Shereen *et al*., 2005) و تعداد شاخه در شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) می‌گردد (Kapoor & Pande, 2015).

درصد برگ‌های باقیمانده و همچنین درصد برگ‌های ریزش‌کرده در شرایط تنش شوری در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). درصد ریزش برگ با افزایش دامنه بقاء از صفر به ۱۰۰درصد کاهش و درصد برگ باقیمانده افزایش یافت (شکل۳-الف). در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ و ۵۱-۷۵ درصد، درصد برگ‌های ریزش‌کرده و برگ‌های باقیمانده مشابه بود. نکته قابل توجه در سه دامنه بقای ۷۶-۱۰۰، ۵۱-۷۵و ۵۰-۲۶درصد، ریزش حدود ۵۰ درصد برگ‌ها بود (شکل ۳- الف). بیشترین درصد برگ باقیمانده (۷۳درصد) در ژنوتیپ MCC177 با بقای گیاهچه ۷۵ درصد بود. در شرایط تنش شوری به دلیل تجمع یون‌های سمّی در برگ و افزایش مقدار آن‌ها با گذشت زمان برگ‌های پیرتر حذف می‌گردند (Negrão *et al*., 2017). بنابراین درصد برگ‌های باقیمانده و همچنین ریزش‌کرده می‌تواند به عنوان معیاری در ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف در تحمل به شوری مد نظر قرار گیرد. بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داد که بین درصد برگ باقیمانده و درصد بقاء همبستگی مثبت و معنی‌داری (r^2=۰/۶۶**) وجود دارد (جدول ۵). هنگامی که سدیم در اندام هوایی گیاه تجمع می‌یابد و گیاه تحت تأثیر اثرات منفی ناشی از سمیت سدیم است، علائم قابل‌ملاحظه‌ای از زردی و سپس قهوه‌ای‌شدن برگ‌ها به علت تخریب رنگدانه‌های فتوسنتزی و در نهایت پیری و مرگ ایجاد می‌گردد (Sakuraba *et al*., 2014). این اثرات در برگ‌های قدیمی‌تر که مدت زمان بیشتری تجمع سدیم را انجام داده و در معرض انباشت آن بوده‌اند، دیده می‌شود. با این حال، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای برگ برخی از گیاهان بهتر از سایر گیاهان برای حفظ سبزینگی و کارکرد فتوسنتز برای مدت طولانی در حضور سطح بالای سدیم در بافت گیاهی عمل می‌کنند (Negrão *et al*., 2017).



شکل ۳- درصد برگ باقی‌مانده و درصد برگ ریزش‌کرده (الف) و شاخص پایداری غشاء (ب) در ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Fig. 3. Remained and shed leaves (A) and membrane stability index (B) of chickpea genotypes in different survival ranges, four weeks after imposing $12dSm^{-1}$ NaCl salinity

تأثیر تنش شوری بر شاخص پایداری غشاء برگ ۱۴۰ژنوتیپ نخود دسی معنی‌دار بود (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). ارزیابی متوسط شاخص پایداری غشاء در دامنه‌های مختلف بقاء نشان داد که با افزایش درصد بقاء، پایداری غشاء افزایش می‌یابد. در دو دامنه بقاء ۲۶-۵۰ و ۵۱-۷۵درصد تفاوتی ازنظر شاخص پایداری غشاء مشاهده نشد، اما در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ درصد، متوسط پایداری غشاء شش درصد نسبت به دو دامنه بقای قبلی افزایش یافت (شکل ۳-ب). همبستگی میان صفات مورد مطالعه نشان داد که بین درصد بقاء و شاخص پایداری غشاء همبستگی مثبت و معنی‌داری (r^2=۰/۵۴**) وجود داشت (جدول ۵). در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، بیشترین شاخص پایداری غشاء مربوط به ژنوتیپ‌های MCC34 و MCC179 به ترتیب با بقای ۵۳ و ۸۵ درصد و پایداری غشاء ۵۲ و ۵۱ درصد بود (جدول ۱ و ۲).

با وجود این، در بین ژنوتیپ‌هایی که بقای ۱۰۰ درصدی داشتند، برخی ژنوتیپ‌ها مانند MCC29 و MCC136 دارای شاخص پایداری غشاء نسبتاً پایینی بودند (جدول ۱).

در خاک‌های شور، اغلب یون‌های سدیم و کلر غالب بوده و غلظت بالای هر دو یون در خاک شور، منجر به اثرات تخریبی شدید در گیاهان حساس می‌شود که عدم دسترسی به آب و برهم‌خوردن تعادل غذایی را به دنبال خواهد داشت (Garcia-Sanchez *et al.*, 2002). در این شرایط، غلظت بالای یون‌های سمّی ممکن است با رقابت در جذب سایر مواد غذایی ضروری منجر به عدم تعادل عناصر غذایی مانند پتاسیم، منیزیم و کلسیم گردد (Hasegawa *et al.*, 2000). مقدار بیش از حد یون‌های سمّی سدیم و کلر در بافت‌های گیاهی با غلظت کم پتاسیم و کلسیم، غشاهای سلولی را ناپایدار و نفوذپذیری آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Grattan & Grieve, 1992). این تغییرات در نفوذپذیری غشاء سلولی به علت وجود یون‌های سمّی باعث اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف می‌شود (Shahid *et al.*, 2012). مدیریت این یون‌های سمّی در گیاهان و ژنوتیپ‌های متحمل موجب حفظ پایداری غشاء شده و ادامه حیات گیاه را تضمین می‌کند. در این مطالعه بالابودن شاخص پایداری غشاء در برخی ژنوتیپ‌های این مطالعه، وجود مکانیسم‌های مدیریت نمک در گیاه نخود را نشان می‌دهد که دامنه تحمل آن‌ها را نسبت به تنش شوری بالا می‌برد.

جدول ۳- اثر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی در دامنه بقای ۵۰ تا ۲۶ درصد

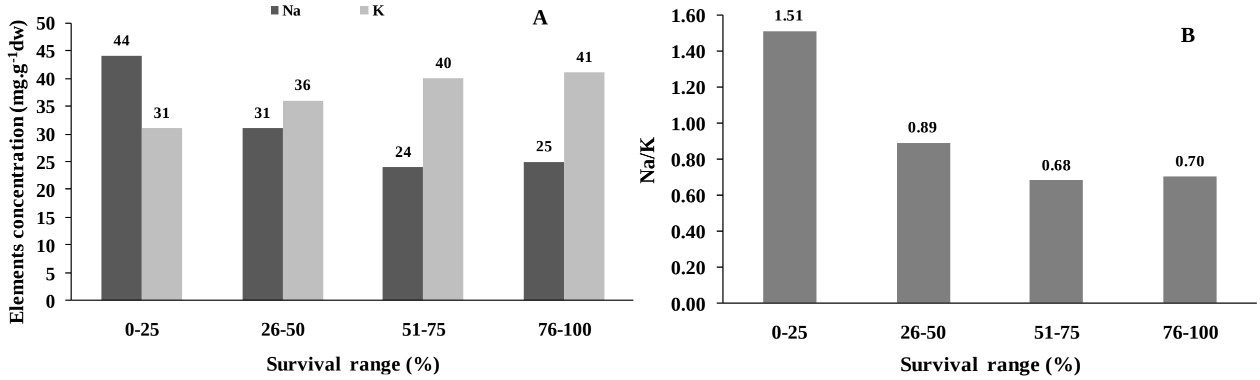
Table 3. Effect of sodium chloride salt stress ($12dSm^{-1}$) on studied traits in different chickpea genotypes in the survival range of 50-26%

ژنوتیپ **MCC**	درصد بقاء **Survival** درصد **(%)**	مرحله رشدی **Growth stage**	ارتفاع بوته **Plant height** سانتی متر **(cm)**	تعداد شاخه فرعی **No. of lateral branches**	برگ باقی مانده **Remained leaves** درصد **(%)**	برگ ریزش‌کرده **Shed leaves** درصد **(%)**	شاخص پایداری غشاء **MSI** درصد **(%)**	غلظت سدیم **Na** میلی‌گرم در گرم ماده خشک **($mg.g^{-1}dw$)**	غلظت پتاسیم **K** میلی‌گرم در گرم ماده خشک **($mg.g^{-1}dw$)**	نسبت سدیم به پتاسیم **Na/K**	ماده خشک **Dry weight** میلی‌گرم بوته **($mg.plant^{-1}$)**
212	50	1	15	2	45	55	9	51	33	1.57	435
438	50	1	23	3	32	68	10	8	41	0.20	309
452	50	1	18	2	49	51	4	49	39	1.25	357
382	47	3	20	2	63	37	35	37	30	1.22	365
424	47	1	25	3	35	65	19	9	27	0.33	341
45	45	1	36	3	44	56	38	22	55	0.41	757
379	42	3	17	2	43	57	21	37	34	1.09	316
39	40	1	36	3	38	62	24	26	56	0.46	702
40	40	1	29	4	39	61	42	33	55	0.61	444
307	40	3	19	2	51	49	6	45	38	1.21	289
401	40	3	20	2	40	60	12	39	34	1.14	442
349	39	1	24	2	21	79	20	9	34	0.28	365
198	38	5	20	2	45	55	17	42	32	1.29	342
246	38	1	16	1	23	77	4	32	31	1.05	689
509	38	1	19	1	54	46	37	25	32	0.77	432
680	38	1	17	1	62	38	0	39	32	1.22	280
516	36	2	18	2	52	48	0	21	32	0.66	331
536	36	3	22	2	40	60	1	40	29	1.38	396
99	35	1	24	2	22	78	37	12	39	0.30	251
389	32	3	23	2	66	34	5	40	33	1.22	617
540	31	1	20	2	36	64	21	43	31	1.44	480
514	30	1	17	2	28	72	4	27	34	0.80	333
376	28	3	24	3	40	60	46	39	34	1.17	419
872	27	1	23	2	36	64	10	11	40	0.29	245
280	26	5	26	2	60	40	24	29	32	0.91	324
322	26	3	22	2	47	53	38	32	35	0.91	301
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلاف دهی، ۵: غلاف دهی. RWC: محتوای نسبی آب برگ، MSI: شاخص پایداری غشاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation

غلظت عناصر سدیم و پتاسیم و همچنین نسبت سدیم به پتاسیم ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی در تنش شوری ۱۲dSm^{-1} تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی میانگین غلظت عناصر سدیم و پتاسیم در دامنه‌های مختلف بقاء حاکی از کاهش مقدار سدیم و افزایش مقدار پتاسیم با افزایش درصد بقاء بود؛ با این وجود تفاوت بین میان مقدار سدیم در دامنه بقای ۷۶-۱۰۰ و ۵۱-۷۵ درصد ناچیز بود (شکل ۴-الف). نسبت سدیم به پتاسیم نیز متأثر از غلظت هر یک از عناصر با افزایش درصد بقاء کاهش پیدا کرد (شکل ۴-ب). بررسی همبستگی بین صفات مورد مطالعه با یکدیگر نشان داد که غلظت سدیم با درصد بقاء همبستگی منفی معنی‌دار (r^2=-۰/۵۰**)، غلظت پتاسیم و درصد بقاء همبستگی مثبت و معنی‌دار (r^2=۰/۲۶**) و نسبت سدیم به پتاسیم با درصد بقاء همبستگی منفی و معنی‌داری (r^2=-۰/۵۶**) دارند (جدول ۵). همچنین اثرات منفی سدیم بر ارتفاع بوته و درصد برگ باقی مانده و اثر مثبت پتاسیم بر این ویژگی‌ها کاملاً مشهود بود (جدول ۵).



شکل ۵- متوسط سدیم و پتاسیم اندام هوایی (الف) و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی (ب) در ژنوتیپ‌های نخود دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری ۱۲dSm^{-1} کلرید سدیم

Fig. 5. Concentration of Na and K (A) and Na/K (B) in chickpea genotypes in different survival ranges, four weeks after imposing 12dSm^{-1} NaCl salinity

برای مقابله مشکل شوری می‌توان از راهکارهای مختلفی استفاده کرد. اصلاح گیاه جهت افزایش تحمل به شوری یکی از قابل‌اطمینان‌ترین روش‌های ممکن است که از بسیاری جهات قابل مطالعه است. برای بهبود توانایی رشد محصولات زراعی در خاک شور، شناخت صفات و مکانیسم‌هایی تحمل به شوری در ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل ضروری است (Roy *et al*., 2011). تحت تنش شوری، ازدست‌دادن آب قابل‌دسترس، مسمومیت ناشی از سدیم و عدم تعادل یونی باعث محدودیت رشد می‌شود؛ بنابراین گیاهان مکانیسم‌هایی برای تحمل شوری فعال می‌کنند. گزارش‌های زیادی کمبود پتاسیم و سمیت سدیم را دلیل اصلی محدودیت تولید محصولات کشاورزی در سراسر جهان عنوان کرده‌اند (Kao, 2011; Khan *et al*., 2009). پتاسیم می‌تواند اثرات تنش سدیم را در گیاه کاهش دهد؛ درنتیجه توانایی گیاهان برای تحمل شوری به‌شدت وابسته به تغذیه پتاسیم است (Horie *et al*., 2009). در این مطالعه افزایش مقدار پتاسیم در اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی موجب افزایش درصد بقای آن‌ها گردید. همچنین همبستگی بین صفات نیز تأییدکننده اثر مثبت پتاسیم برای مقابله با تنش شوری بود. در اغلب ژنوتیپ‌هایی که درصد بقای بالاتری داشتند، نسبت سدیم به پتاسیم پایین بود و تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در رابطه با کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم در ژنوتیپ‌های مختلف مشاهده شد.

وزن خشک اندام هوایی برآیند تمامی مکانیسم‌ها و فرایندهای گیاه در طول دوره رشد است. میزان ماده خشک اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی تحت تنش شوری ۱۲dSm^{-1} تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۱، ۲، ۳ و ۴). بررسی میزان ماده خشک اندام هوایی در دامنه‌های مختلف بقاء در شرایط تنش شوری نشان داد که با افزایش درصد بقاء، میزان تولید افزایش یافت (شکل ۶). میزان افزایش ماده خشک از بقای ۰-۲۵ درصد به ۲۶-۵۰، ۵۱-۷۵ و ۷۶-۱۰۰ درصد به ترتیب ۱۶، ۲۴ و ۳۸ درصد افزایش نشان داد (شکل ۶). در میان ژنوتیپ‌های نخود مورد مطالعه، شش ژنوتیپ MCC4، MCC43، MCC22، MCC49، MCC59 و MCC85 به ترتیب با ۶۷، ۷۶، ۱۰۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۸۵ درصد بقاء بیشترین وزن اندام هوایی را در میان ژنوتیپ‌ها دارا بودند (جدول ۱ و ۲). بررسی همبستگی بین وزن خشک اندام هوایی با ویژگی‌های مورد مطالعه نشان داد که به‌جز درصد برگ ریزش‌کرده و غلظت سدیم اندام هوایی و نسبت سدیم به پتاسیم، سایر صفات مورد بررسی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند و در میان آن‌ها ارتفاع بوته بیشترین همبستگی (r^2=۰/۶۶**) را دارا بود (جدول ۵).

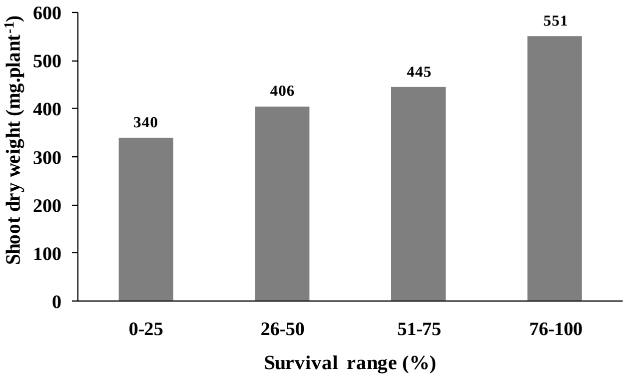
جدول ۴- اثر تنش شوری $12 dSm^{-1}$ کلرید سدیم بر صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی در دامنه بقای ۲۵ تا صفر درصد

Table 4. Effect of sodium chloride salt stress ($12 dSm^{-1}$) sodium chloride on studied traits in different chickpea genotypes in the survival range from 25 to 0%

ژنوتیپ **MCC**	درصد بقاء **Survival** درصد **(%)**	مرحله رشدی **Growth stage**	ارتفاع بوته **Plant height** سانتی متر **(cm)**	تعداد شاخه فرعی **No. of lateral branches**	برگ باقی مانده **Remained leaves (%)**	برگ ریزش‌کرده **Shed leaves (%)**	شاخص پایداری غشاء **MSI (%)**	غلظت سدیم **Na** میلی‌گرم در گرم‌ماده‌خشک **($mg.g^{-1}dw$)**	غلظت پتاسیم **K** میلی‌گرم در گرم ماده خشک **($mg.g^{-1}dw$)**	نسبت سدیم به پتاسیم **Na/K**	ماده خشک **Dry weight** میلی‌گرم بوته **($mg.plant^{-1}$)**
534	25	1	15	2	19	81	0	40	31	1.33	286
560	25	5	22	3	37	63	9	42	28	1.54	439
410	24	3	19	2	50	50	0	40	34	1.16	539
567	24	3	21	2	38	62	12	30	32	0.93	373
328	22	1	28	2	33	67	7	9	34	0.27	514
148	21	1	16	2	53	47	0	34	32	1.08	308
159	21	1	20	2	46	54	8	37	34	1.08	362
265	20	1	15	2	12	88	0	38	19	1.93	256
549	20	5	21	2	30	70	12	94	67	1.60	446
237	19	3	17	2	18	82	0	59	26	2.25	162
515	14	3	18	1	12	88	0	50	29	1.70	139
101	13	3	16	2	47	53	0	31	37	0.82	308
455	13	1	14	1	19	81	0	48	31	1.59	260
564	13	1	21	2	20	80	0	45	31	1.46	505
548	12	3	19	1	27	73	0	40	37	1.07	429
416	11	1	22	2	38	63	17	42	35	1.20	498
554	11	1	19	1	10	90	0	74	32	2.36	263
666	11	1	17	1	26	74	11	44	47	1.12	242
196	9	1	19	2	14	86	0	48	33	1.54	322
205	9	1	25	2	10	90	0	41	30	1.39	365
194	7	1	26	2	0	100	0	38	31	1.22	511
377	7	1	26	1	16	84	0	35	39	0.91	463
199	6	1	23	2	8	92	0	38	31	1.25	456
576	6	3	18	1	8	92	0	50	36	1.38	435
388	5	3	25	1	14	86	0	30	31	0.99	411
406	5	3	24	2	7	93	0	38	33	1.15	677
876	5	1	19	1	46	54	5	11	23	0.49	139
125	0	1	8	1	0	100	0	52	30	1.72	225
195	0	1	10	2	0	100	0	41	28	1.48	219
335	0	1	24	2	0	100	0	36	26	1.47	425
385	0	1	17	1	0	100	0	38	31	1.22	292
408	0	1	15	1	0	100	0	49	28	1.78	218
411	0	1	18	1	0	100	0	44	31	1.52	267
418	0	1	8	1	0	100	0	37	36	1.03	443
428	0	1	8	1	0	100	0	44	34	1.26	467
431	0	1	8	1	0	100	0	45	34	1.34	437
433	0	1	8	1	0	100	0	39	31	1.29	320
435	0	1	8	1	0	100	0	61	24	2.60	372
437	0	1	8	1	0	100	0	69	27	2.60	234
439	0	1	8	1	0	100	0	45	27	1.43	398
451	0	1	8	1	0	100	0	71	21	3.38	197
504	0	1	14	1	0	100	0	47	31	1.51	288
517	0	1	9	1	0	100	0	42	31	1.34	305
532	0	1	9	1	0	100	0	44	28	1.55	310
535	0	1	11	1	0	100	0	39	36	1.06	381
553	0	1	12	1	0	100	0	61	43	1.49	457
555	0	1	16	1	0	100	0	39	24	1.97	325
580	0	1	15	1	0	100	0	40	26	1.54	375
584	0	1	15	1	0	100	0	41	34	1.22	404
585	0	1	15	1	0	100	0	42	30	1.37	479
600	0	1	18	1	0	100	0	56	36	1.58	589
601	0	1	12	1	0	100	0	48	33	1.52	294
603	0	1	15	1	0	100	0	35	25	1.37	279
607	0	1	13	1	0	100	0	47	30	1.57	345
609	0	1	16	1	0	100	0	57	25	2.33	411
615	0	1	13	1	0	100	0	33	26	1.32	305
629	0	1	15	1	0	100	0	43	33	1.27	396
631	0	1	18	1	0	100	0	39	31	1.30	303
632	0	1	14	1	0	100	0	38	26	1.47	312
633	0	1	15	1	0	100	0	51	36	1.44	438
634	0	1	14	1	0	100	0	41	30	1.34	295
661	0	1	13	1	0	100	0	47	27	1.78	253
672	0	1	15	1	0	100	0	47	29	1.59	258
675	0	1	7	1	0	100	0	52	21	2.36	97
677	0	1	13	1	0	100	0	58	35	1.67	304
678	0	1	10	1	0	100	0	61	25	2.42	201
690	0	1	16	1	0	100	0	49	29	1.72	348
710	0	1	11	1	0	100	0	42	31	1.36	193
711	0	1	11	1	0	100	0	32	27	1.21	160
713	0	1	8	1	0	100	0	37	12	2.99	44
$LSD_{0.05}$	4	0.003	3	1	14	14	10	9	13	0.30	87
Genotypes	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV%	12	0.2	16	30	57	21	99	40	108	24	23

MCC: بانک بذر نخود مشهد، مراحل رشدی: ۱: قبل از گلدهی، ۲: ابتدای گلدهی، ۳: گلدهی، ۴: ابتدای غلاف دهی، ۵: غلاف دهی. RWC: محتوای نسبی آب برگ، MSI: شاخص پایداری غشاء، LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، CV: ضریب تغییرات

MCC: Mashhad Chickpea Collection, Growth stages: 1: Before flowering, 2: Early flowering, 3: Flowering, 4: Early podding, 5: Podding. MSI: Membrane Stability Index, LSD: Least Significant Difference in 5% probability level. **: Significant at 1% probability level, CV: Coefficient of Variation



شکل ۶- متوسط وزن اندام هوایی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی در دامنه‌های مختلف بقاء، چهار هفته پس از اعمال تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Fig. 6. Biomass of chickpea genotypes in different survival ranges, four weeks after imposing12dSm^{-1} NaCl salinity

در گیاهان مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلفی به منظور زنده‌ماندن در خاک‌هایی با غلظت بالای نمک توسعه پیدا کرده است. مکانیسم‌های اصلی شامل، هوموستازی یونی و جایگزاری یون‌ها، جذب و انتقال یون، سنتز محافظت‌کننده‌های یونی و محلول‌های سازگار، فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی اکسیدانت و ساخت ترکیب‌های آنتی اکسیدانت، سنتز پلی‌آمین‌ها، تولید اکسید نیتریک و نوسانات هورمونی که البته مکانیسم‌ها تنها به این موارد محدود نمی‌شود (Gupta & Huang, 2014). بدون تردید هرگونه مکانیسم توسعه‌یافته در گیاهان برای مقابله با تنش‌های محیطی از جمله شوری هزینه‌هایی برای گیاه به همراه دارد. در گیاهان تحت تنش شوری مواد پرورده و انرژی تولیدی در گیاه صرف مدیریت تنش می‌گردد که در نهایت با کاهش میزان رشد و تولید بروز پیدا می‌کند. این میزان کاهش در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت بوده که میزان تحمل آن‌ها را بیان می‌کند (Munns & Gilliham, 2015). در این مطالعه دامنه بقاء متنوع در ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی و تولید ماده خشک متفاوت در شرایط تنش شوری یکسان نشان داد که برخی از مکانیسم‌ها در این گیاه برای تحمل به شوری وجود دارد. البته از این نکته نباید غافل شد که حبوبات گیاهان متحمل به تنش شوری نیستند، بنابراین وجود تنوع در تحمل به شوری می‌تواند در اصلاح برای شرایط شور امیدبخش باشد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری شده در ۱۴۰ ژنوتیپ نخود دسی تحت تأثیر تنش شوری $12dSm^{-1}$ کلرید سدیم

Table 5. Correlation coefficients of studied traits in 140 chickpea genotypes under sodium chloride salt stress of 12dSm^{-1}

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	درصد بقاء	Survival%	1										
2	مرحله رشدی	Growth stage	0.27**	1									
3	ارتفاع بوته	Plant height	0.59**	0.26**	1								
4	تعداد شاخه فرعی	No. Of lateral branches	0.59**	0.23**	0.61**	1							
5	برگ باقی‌مانده	Remained leaves%	0.66**	0.40**	0.42**	0.47**	1						
6	برگ ریزش‌کرده	Shed leaves%	-0.66**	-0.40**	-0.42**	-0.47**	-1.00**	1					
7	شاخص پایداری غشاء	MSI	0.54**	0.12**	0.50**	0.47**	0.40**	-0.40**	1				
8	سدیم	Na	-0.50**	0.02ns	-0.44**	-0.42**	-0.35**	0.35**	-0.37**	1			
9	پتاسیم	K	0.26**	0.09ns	0.35**	0.28**	0.19**	-0.19**	0.41**	0.01	1		
10	نسبت سدیم به پتاسیم	Na/K	-0.56**	-0.08ns	-0.57**	-0.51**	-0.42**	0.42**	-0.46**	0.80**	-0.38**	1	
11	وزن خشک	Dry weight	0.40**	0.20**	0.66**	0.44**	0.21**	-0.21**	0.31**	-0.24**	0.34**	-0.41**	1

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

ns and **: Non-significant and significant in probability levels of 1%, respectively

نتیجه‌گیری

به‌طوری کلی بررسی تحمل به شوری ژنوتیپ‌های مختلف نخود دسی نشان داد که تنوع قابل ملاحظه‌ای در بین ژنوتیپ‌های مختلف وجود دارد. بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که بقاء و زنده‌ماندن در شرایط شور ارتباط مثبتی و قوی با حفظ برگ‌های گیاه داشت که این امر وابسته به حفظ پایداری غشاء و کاهش ورود سدیم به داخل گیاه است. بر اساس اطلاعات موجود، امکان استفاده از ژنوتیپ‌های دارای مکانیسم‌های تحمل به شوری جهت اصلاح برای تنش شوری و همچنین به‌گزینی ژنوتیپ‌های نخود دسی برای شرایط تنش شوری ملایم امکان‌پذیر است. در نهایت بر اساس نتایج این مطالعه ژنوتیپ‌های MCC18، MCC22، MCC29، MCC59، MCC136 و MCC430 با ۱۰۰ درصد بقاء تحمل مناسبی نسبت به تنش شوری داشتند.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این مطالعه از محل طرح مصوب با کد ۳۹۹۷۴ در معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Asha Dhingra, H.R. 2007. Salinity mediated changes in yield and nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. Indian Journal Plant Physiology 12: 271-275.
2. Ashraf, M., and Waheed, A. 1993. Responses of some genetically diverse lines of chick pea (*Cicer arietinum* L.) to salt. Plant and Soil 154: 257-266.
3. Chenarani, M., Safipour Afshar, A., and Saied Nematpour, F. 2015. Physiological and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to Ascorbic acid under salinity stress. Iranian Journal of Plant Physiology and Biochemistry 1(1): 63-76.
4. Dantas, B.F., Ribeiro, L.D., and Aragao, C.A. 2005. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. Revista Brasileira de Sementes 27(1): 144-148.
5. Doraki, Gh.R., Zamani, Gh.R., and Sayyari, M.H. 2018. Effect of salt stress on yield components and concentrations of sodium and potassium in chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad). Iranian Journal of Pulses Research 9(1): DOI: 10.22067/ijpr.v9i1.53816. (In Persian with English Summary).
6. FAO. Statistics. Agriculture Statistics of Iran 2016, http://faostat3.fao.org.
7. Flowers, T.J., Gaur, P.M., Laxmipathi Gowda, C.L., Krishnamurthy, L., Samineni, S., Siddique, K.H.M., Turner, N.C., Vadez, V., Varshney, R.K., and Colmer, T.D. 2010. Salt sensitivity in chickpea. Plant, Cell and Environment 33: 490-509.
8. Garcia-Sanchez, F., Jifon, J.L., Carvaial, M., and Syvertsen, M. 2002. Gas exchange, chlorophyll and nutrient contents in relation to Na+ and Cl- accumulation in ‘Sunburst’ mandarin grafted on different rootstocks. Plant Science 162: 705-712.
9. Garg, N., and Singla, R, 2009. Variability in the response of chickpea cultivars to short-term salinity, in terms of water retention capacity, membrane permeability, and osmo-protection. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 33: 57-63.
10. Grattan, S.R., and Grieve, C.M. 1992. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environment. Agriculture, Ecosystems and Environment 38: 275-300.
11. Gupta, B., and Huang, B. 2014. Mechanism of salinity tolerance in plants: physiological, biochemical, and molecular characterization. International Journal of Genomics 2014; https://doi.org/10.1155/2014/701596,
12. Hasegawa, P.M., Bressnan, R.A., Zhu, J.K., and Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 51: 463-499.
13. Hoagland, D.R., and Arnon, D.L. 1950. The water culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station Circular pp: 347.
14. Horie, T., Hauser, F., and Schroeder, J.I. 2009. HKT transporter-mediated salinity resistance mechanisms in Arabidopsis and monocot crop plants. Trends in Plant Science 14(12): 660-668.
15. Islam, M.Z., Baset Mia, M.A., Islam, M.R., and Akter, A. 2007. Effect of different saline levels on growth and yield attributes of mutant rice. Journal of Soil and Nature 1(2): 18-22.
16. Jamil, A., Riaz, S., Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2011. Gene Expression profiling of plants under salt stress. Critical Reviews in Plant Sciences 30(5): 435-458.
17. Kao, W.Y. 2011. Na, K and Ca contents in roots and leaves of three glycine species differing in response to Nacl treatments. Taiwania 56(1): 17-22.

18. Kapoor, N., and Pande, V. 2015. Effect of salt stress on growth parameters, moisture content, relative water content and photosynthetic pigments of fenugreek variety RMt-1. Journal of Plant Sciences 10(6): 210-221.
19. Khan, H.A., Siddique, K.H.M., and Colmer, T.D. 2017. Vegetative and reproductive growth of salt-stressed chickpea are carbon-limited: sucrose infusion at the reproductive stage improves salt tolerance. Journal of Experimental Botany 68(8): 2001-2011.
20. Khan, H.A., Siddique, K.H.M., Munira, R., and Colmer, T.D. 2015. Salt sensitivity in chickpea: growth, photosynthesis, seed yield components and tissue ion regulation in contrasting genotypes. Journal of Plant Physiology 182: 1-12.
21. Khan, M., Shirazi, M., Khan, M.A., Mujtaba, S., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansari, R., and Ashraf, M.Y. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 41(2): 633-638.
22. Mahlooji, M., Seyed Sharifi, R., Razmjoo, J., Sabzalian, M.R., and Sedghi, M. 2018. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. Photosynthetica 56(2): 549-556.
23. Muehlbauer, F.J., and Sarker, A. 2017. Economic Importance of Chickpea: Production, Value, and World Trade. In The Chickpea Genome (pp. 5-12). Springer, Cham.
24. Munns, R., 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist 167: 645-663.
25. Munns, R., and Gilliham, M. 2015. Salinity tolerance of crops-what is the cost? New phytologist 208(3): 668-673.
26. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681.
27. Negrão, S., Schmöckel, S.M., and Tester, M. 2017. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. Annals of Botany 119(1): 1-11.
28. Pouresmael, M., Rastegar, J., and Zangiabadi, M. 2014. Genetic variation for salinity tolerance and its association with biomass production in cultivated chickpea genotypes. Agricultural Crop Management (Journal of Agriculture) 16(3): 749-763.
29. Razavi, S.M.A., Zaerzadeh, E., Khafaji, N., and Pahlevani, M. 2010. Some physical properties of seeds and splits of Desi chickpea (Kaka var.). Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 77-83. (In Persian with English Summary).
30. Roy, S.J., Tucker, E.J., and Tester, M. 2011. Genetic analysis of abiotic stress tolerance in crops. Current Opinion in Plant Biology 14(3): 232-239.
31. Sakuraba, Y., Kim, D., Kim, Y.S., Hörtensteiner, S., and Paek, N.C. 2014. Arabidopsis STAYGREEN-LIKE (SGRL) promotes abiotic stress-induced leaf yellowing during vegetative growth. Federation of European Biochemical Societies Letters 588(21): 3830-3837.
32. Shahid, M.A., Balal, R.M., Pervez, M.A., Abbas, T., Ashfaq, M., Ghazanfar, U., Afzal, M., Rashid, A., Garcia-Sanchez, F., and Mattson, N.S. 2012. Differential response of pea (*Pisum sativum* L.) genotypes to salt stress in relation to the growth, physiological attributes antioxidant activity and organic solutes. Australian Journal of Crop Science 6(5): 828.
33. Shalhevet, J., Huck, M.G., and Schroeder, B.P. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. Agronomy Journal 87(3): 512-516.
34. Shereen, A., Mumtaz, S., Raza, S., Khan, M.A., and Solangi, S. 2005. Salinity effects on seedling growth and yield components of different inbred rice lines. Pakistan Journal of Botany 37(1): 131-139.
35. Siddique, K.H.M., Johansen, C., Turner, N.C., Jeuffroy, M.H., Hashem, A., Sakar, D., Gan, Y., and Alghamdi, S.S. 2011. Innovations in agronomy for food legumes. A review. Agronomy for Sustainable Development 32(1): 45-64.
36. Singla, R., and Garg, N. 2005. Influence of salinity on growth and yield attributes in chickpea cultivars. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 231-235.
37. Tandon, H.L.S., 1995. Methods of Analysis of Soils, Plants, Water and Fertilizers. FDCO, New Delhi.
38. Tester, M., and Davenport, R. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany 91: 503-527.
39. Welfare, K., Yeo, A.R., and Flowers, T.J. 2002. Effects of salinity and ozone, individually and in combination, on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties. Environmental Pollution 120(2): 397-403.

40. Zare Mehrjerdi, M., Nabati, J., Massomi, A., Bagheri, A.R., and Kafi, M. 2011. Evaluation of tolerance to salinity based on root and shoot growth of 11 drought tolerant and sensitive chickpea genotypes at hydroponics conditions. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 83-96. (In Persian with English Summary).
41. Zawude, S., and Shanko, D. 2017. Effects of salinity stress on chickpea (*Cicer arietinum* L.) landraces during early growth stage. International Journal of Scientific Reports 3(7): 214-219.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 1, 2021, p. 205-220 (Research Article)

Evaluation and selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Deci types for salinity tolerance introduction

Nabati[*1], J., Kafi[2], M., Nezami[3], A. & Boroumand Rezazadeh[4], E.

1. Assistant Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad
2. Professor, Faculty of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; m.kafi@um.ac.ir
3. Professor, Faculty of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; nezami@um.ac.ir
4. PhD. in Agronomy Ferdowsi University of Mashhad; eboroumand22@gmail.com

Received: 5 January 2019
Accepted: 14 May 2019

DOI: 10.22067/ijpr.v12i1.78306

Introduction

The agricultural sector needs to reduce the use of freshwaters and using low quality waters instead of increasing demand for domestic and industrial water uses, along with the reduction of groundwater level. Therefore, using saline water in the future for agricultural production is unavoidable. The soil fertility has been reduced due to decreasing the quality of water resources and increasing salinity in agriculture lands. Saline water and saline soil contain high concentrations of salts such as calcium sulfate and sodium carbonate, although sodium chloride is the dominant salt. Salt stress affects various physiological and metabolic processes in plant and may eventually impede crop production depending on the extent and severity of the stress. In the early stages, a high concentration of solutes present in the soil brings about osmotic stress which reduces the capacity of root systems to absorb water and, that start the loss of leaves water. This is accompanied by ion-specific effects that cause the accumulation of toxic concentration of Na^+ and Cl^- in the cells, which manifest in the form of chlorosis and necrosis. Planting legumes in saline soil is important for conservation of sustainability of production. However, legumes, including chickpea, show low-salinity tolerance and loss yield in saline conditions. To permit crop growth on natural saline soils considerable enhancement of salinity tolerance could be required for the chickpea which is a relatively salt sensitive legume. Therefore, identification and introduction of salt tolerated chickpea cultivars help sustainable crop production in moderate saline areas.

Materials and Methods

This study was carried out under hydroponic conditions in the greenhouse of Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. The experiment was conducted as a completely randomized design with three replications to evaluate salinity tolerance of 140 Deci-type chickpea genotypes during seedling stage in a salinity level of 12 dSm^{-1} NaCl. Hoagland solution had been used in the sand culture method. Recirculating nutrient system was applied, nutrient solution was replaced weekly and salinity of nutrient solution was adjusted daily, but no acidity adjustments were made in the Hoagland solution. Four weeks after salinity application, growth stages, height plant, branch number, survival percentage, remained leaves, shed leaves, membrane stability index, sodium and potassium concentration were measured.

Results and Discussion

Results indicated that survival percentage of 21 genotypes was more than 76% among which, six genotypes of MCC18 ،MCC22 ،MCC29 ،MCC59 ،MCC136 and MCC430 showed 100% survival. In the survival range of 76-100, 51-75, 26-50 and 0-25%, 43, 57, 42 and 16 percent of genotypes were in the post-

***Corresponding Author:** jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

flowering stages, respectively. Plant height increased with increasing survival range, so that the genotypes in the survival range of 76-100% were 4, 5 and 12 cm higher than the survival range of 51-75, 26-50 and 0-25%, respectively. The highest plant was observed in MCC59 genotype with 100% survival range. The lowest number of branches per plant was observed in the 0-25% survival range. With increasing survival range percentage of shed leaves decreased and the percentage of remained leaves increased. The same percentage of shed leaves and the remained leaves were observed in the survival range of 76-100% and 51-75%. In three survival range 76-100%, 51-75%, and% 26-50, the shed leaves were about 50%. The highest percentage of remained leaves (73%) was observed in MCC177 genotype with 75% survival. The membrane stability index increased with raise up survival range. There were no difference in survival range of 26-50 and 51-75% in membrane stability index, but in the survival range of 76-100%, membrane stability 6% increased compared to the two previous survival ranges. The highest membrane stability index observed at MCC34 (53%) and MCC179 (52%) with 85%, 51% survival, respectively. However, among genotypes in 100% survival some genotypes, such as MCC29 and MCC136, had a relatively low membrane stability index. With rising up survival range, sodium concentration decreased and potassium increased. Sodium to potassium ratio was also decreased with increasing survival range. Dry matter productions per plant increased with improving survival range. Dry matter from 0-25% to 26-50%, 51-75% and 76-100% survival range, increased 16%, 24%, and 38%, respectively. MCC4, MCC43, MCC22, MCC49, MCC59 and MCC85 had the highest dry matter productions.

Conclusion

The correlation between traits showed the positive correlation between survivals and remained leaves which is depended on maintaining membrane stability and decreasing sodium uptake in plant. Based on this information, chickpea genotypes have salt tolerance mechanisms and it is possible to use these genotypes for breeding programs for moderate salinity stress conditions.

Keywords: Hydroponics, Membrane, Potassium, Sodium, Survival